

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 9月30日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-284867

[ST.10/C]:

[JP2002-284867]

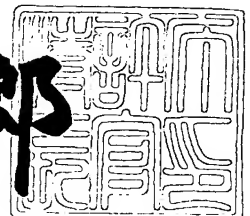
出 願 人
Applicant(s):

富士通メディアデバイス株式会社
富士通株式会社

2003年 3月18日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3018396

【書類名】 特許願

【整理番号】 02081301

【提出日】 平成14年 9月30日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 H03H 9/25
H03H 9/145

【発明の名称】 弾性表面波フィルタ、それを有する弾性表面波分波器

【請求項の数】 17

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 堤 潤

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 井上 将吾

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 松田 隆志

【発明者】

【住所又は居所】 長野県須坂市大字小山460番地 富士通メディアデバイス株式会社内

【氏名】 上田 政則

【特許出願人】

【識別番号】 398067270

【氏名又は名称】 富士通メディアデバイス株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100087480

【弁理士】

【氏名又は名称】 片山 修平

【電話番号】 043-351-2361

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 153948

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0117701

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 弾性表面波フィルタ、それを有する弾性表面波分波器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧電基板上に形成されたインターディジタルトランスデューサを有して構成される直列共振器及び並列共振器が梯子型に接続され、前記直列共振器の少なくとも 1 つが他の直列共振器と異なる静電容量を有する弾性表面波フィルタにおいて、

前記梯子型における 2 段目以降の前記直列共振器の少なくとも 1 つが、他の直列共振器よりも低い平均共振周波数を有することを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 2】 圧電基板上に形成されたインターディジタルトランスデューサを有して構成される直列共振器及び並列共振器が梯子型に接続され、前記直列共振器の少なくとも 1 つが他の直列共振器と異なる静電容量を有する弾性表面波フィルタにおいて、

前記梯子型における 2 段目以降の前記直列共振器の少なくとも 1 つが、他の直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期の平均よりも大きい電極指周期のインターディジタルトランスデューサを有することを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 3】 圧電基板上に形成されたインターディジタルトランスデューサを有して構成される直列共振器及び並列共振器が梯子型に接続され、前記直列共振器のうち最終段に位置する直列共振器が他の直列共振器よりも小さい静電容量を有する弾性表面波フィルタにおいて、

前記梯子型における 2 段目以降の前記直列共振器の少なくとも 1 つが、他の直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期の平均よりも大きい電極指周期のインターディジタルトランスデューサを有することを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 4】 請求項 3 記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、

前記平均よりも大きい電極指周期のインターディジタルトランスデューサを有する前記直列共振器は、他の直列共振器の静電容量の平均よりも大きい静電容量

を有することを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 5】 請求項 3 又は 4 記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、前記梯子型は 4 段構成であり、

前記梯子型における 3 段目に位置する直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期が、当該梯子型における 2 段目及び 4 段目に位置する直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期の平均よりも大きいことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 6】 請求項 5 記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、前記 3 段目に位置する直列共振器の静電容量が、前記梯子型における 1 段目及び 2 段目に位置する直列共振器の静電容量の平均よりも大きいことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 7】 請求項 5 又は 6 記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、前記 3 段目に位置する直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期が、前記梯子型における 2 段目及び 4 段目に位置する直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期の平均よりも 1 % 以下の範囲で大きいことを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 8】 請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、

前記直列共振器の少なくとも 1 つが、電極指周期の 1 5 % 以上から 2 2 . 5 % 以下の電極指幅で形成されたインターディジタルトランスデューサを有することを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 9】 請求項 8 記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、前記電極指周期の 1 5 % 以上から 2 2 . 5 % 以下の電極指幅で形成された前記インターディジタルトランスデューサは、全ての電極指の幅が均一であることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 0】 請求項 8 記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、前記電極指周期の 1 5 % 以上から 2 2 . 5 % 以下の電極指幅で形成された前記インターディジタルトランスデューサは、電極指の幅が不均一であることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 1】 請求項 1 から 1 0 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、

前記直列共振器の少なくとも 1 つのインターディジタルトランスデューサは、電極指非交差部に配置された、弾性表面波の励起に寄与しないダミー電極を有することを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 2】 請求項 1 1 記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、

前記電極指非交差部は、前記インターディジタルトランスデューサの電極指周期の 1. 5 倍以上から 4. 5 倍以下の長さであることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 3】 請求項 1 1 又は 1 2 記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、

前記ダミー電極は前記インターディジタルトランスデューサの各電極指の先端に対峙するように設けられていることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 4】 請求項 1 から 1 3 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、

前記直列共振器は弾性表面波の伝搬方向における前後部に反射器を有することを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 5】 請求項 1 から 1 4 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、

前記インターディジタルトランスデューサはシングル電極構造であることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 6】 請求項 1 から 1 5 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタにおいて、

前記圧電基板は、 42° Y カット LiTaO_3 で形成されていることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【請求項 1 7】 低周波側フィルタとして請求項 1 から 1 6 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタを有することを特徴とする弾性表面波分波器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は弾性表面波フィルタに関し、特に移動通信機器の高周波部に用いられ、高角形なフィルタ特性が要求される弾性表面波フィルタに関する。また、この弾性表面波フィルタを用いた弾性表面波分波器（アンテナ分波器）に関する。

【0002】

【従来技術】

近年の移動通信システムでは、有限な周波数帯域を効率的に利用するために、送信帯域と受信帯域とが接近している。例えば北米のPCS（Personal Communications Service）では、通過域が1.9GHz帯であるにもかかわらず、送信帯域と受信帯域の周波数間隔が20MHzしかない。

【0003】

このため、上記のような移動通信システムにおいて、送信・受信信号を分離するためのアンテナ分波器には、混信を回避するために、通過域から阻止域までの周波数域（遷移域）が極めて狭い通過特性を有することが要求されている。

【0004】

従来では、このようなアンテナ分波器を開発するために、誘電体フィルタ技術や薄膜バルク弾性波技術（Film Bulk Acoustic Wave Resonator：FBAR）が用いられていた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、誘電体フィルタ技術では、アンテナ分波器のサイズが大きくなり、また、FBARではサイズが大きくなるのに加えて、薄膜の厚さを厳密に制御する必要があり、製造歩留まりが悪くコストが高くなるという問題を抱えていた。

【0006】

このため、アンテナ分波器を、小型・薄型化が可能で、高い歩留りを実現できる弾性表面波技術を用いて開発する動きが活発化している。

【0007】

しかしながら、誘電体素子やFBARを用いたフィルタ素子と比較して、弾性

表面波フィルタは一般的に通過特性の角形性が劣る。このため、上記の要求を満足するアンテナ分波器を弾性表面波技術を用いて開発するには、弾性表面波フィルタの通過特性の角形性を向上させることが不可欠である。

【 0 0 0 8 】

また、通過特性の角形性の向上は、アンテナ分波器がアンテナの直前に設置されることから要求される課題である。即ち、アンテナ分波器は一般的に段間フィルタよりも低損失・高減衰特性を有する必要がある。

【 0 0 0 9 】

これらの理由から、極めて角形性に優れた通過特性を有する弾性表面波フィルタを開発することが必要となっていた。

【 0 0 1 0 】

本発明は、上述のような要求を考慮してなされたものであり、通過特性の角形性が向上された弾性表面波フィルタを提供することを目的とする。また、本発明は、上記の弾性表面波フィルタを用いることで、小型で安価な弾性表面波分波器を提供することを目的とする。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

かかる目的を達成するために、本発明は、請求項 1 記載のように、圧電基板上に形成されたインターディジタルトランスデューサを有して構成される直列共振器及び並列共振器が梯子型に接続され、前記直列共振器の少なくとも 1 つが他の直列共振器と異なる静電容量を有する弾性表面波フィルタにおいて、前記梯子型における 2 段目以降の前記直列共振器の少なくとも 1 つが、他の直列共振器よりも低い平均共振周波数を有するように構成されている。このように構成することで、フィルタ特性の減衰極が低周波側へシフトするため、通過特性の角形性が向上された弾性表面波フィルタが実現される。より詳細には、弾性表面波フィルタの通過特性において、高周波側の角形を向上することができる。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、請求項 2 記載のように、圧電基板上に形成されたインターディジタルトランスデューサを有して構成される直列共振器及び並列共振器が梯子

型に接続され、前記直列共振器の少なくとも1つが他の直列共振器と異なる静電容量を有する弾性表面波フィルタにおいて、前記梯子型における2段目以降の前記直列共振器の少なくとも1つが、他の直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期の平均よりも大きい電極指周期のインターディジタルトランスデューサを有するように構成されている。このように構成することで、フィルタ特性の減衰極が低周波側へシフトするため、通過特性の角形性が向上された弾性表面波フィルタが実現される。より詳細には、弾性表面波フィルタの通過特性において、高周波側の角形を向上することができる。

【0013】

また、本発明は、請求項3記載のように、圧電基板上に形成されたインターディジタルトランスデューサを有して構成される直列共振器及び並列共振器が梯子型に接続され、前記直列共振器のうち最終段に位置する直列共振器が他の直列共振器よりも小さい静電容量を有する弾性表面波フィルタにおいて、前記梯子型における2段目以降の前記直列共振器の少なくとも1つが、他の直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期の平均よりも大きい電極指周期のインターディジタルトランスデューサを有するように構成されている。このように構成することで、フィルタ特性の減衰極が低周波側へシフトするため、通過特性の角形性が向上された弾性表面波フィルタが実現される。より詳細には、弾性表面波フィルタの通過特性において、高周波側の角形を向上することができる。

【0014】

また、請求項3記載の前記弾性表面波フィルタは、好ましくは請求項4記載のように、前記平均よりも大きい電極指周期のインターディジタルトランスデューサを有する前記直列共振器が、他の直列共振器の静電容量の平均よりも大きい静電容量を有するように構成される。これにより、各直列共振器と並列共振器とのアドミタンス特性の交点のずれが減少されるため、弾性表面波フィルタの高周波側の通過特性の肩を持ち上げることが可能となり、通過特性の角形をより向上させることができる。

【0015】

また、請求項 3 又は 4 記載の前記弾性表面波フィルタは、好ましくは請求項 5 記載のように、前記梯子型が 4 段構成であり、前記梯子型における 3 段目に位置する直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期が、当該梯子型における 2 段目及び 4 段目に位置する直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期の平均よりも大きいように構成される。これにより、弾性表面波フィルタの通過特性の肩付近の特性を変化させずに、減衰極を低周波側へシフトさせることが可能となるため、通過特性の角形をより向上させることができる。

【 0 0 1 6 】

また、請求項 5 記載の前記弾性表面波フィルタは、好ましくは請求項 6 記載のように、前記 3 段目に位置する直列共振器の静電容量が、前記梯子型における 1 段目及び 2 段目に位置する直列共振器の静電容量の平均よりも大きいように構成される。これにより、これにより、各直列共振器と並列共振器とのアドミタンス特性の交点のずれが減少されるため、弾性表面波フィルタの高周波側の通過特性の肩を持ち上げることが可能となり、且つ、弾性表面波フィルタの通過特性の肩付近の特性を変化させずに、減衰極を低周波側へシフトさせることが可能となるため、弾性表面波フィルタの通過特性の角形をより向上させることができる。

【 0 0 1 7 】

また、請求項 5 又は 6 記載の前記弾性表面波フィルタは、例えば請求項 7 記載のように、前記 3 段目に位置する直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期が、前記梯子型における 2 段目及び 4 段目に位置する直列共振器が有するインターディジタルトランスデューサの電極指周期の平均よりも 1 % 以下の範囲で大きいように構成されてもよい。

【 0 0 1 8 】

また、請求項 1 から 7 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタは、好ましくは請求項 8 記載のように、前記直列共振器の少なくとも 1 つが、電極指周期の 1 5 % 以上から 2 2 . 5 % 以下の電極指幅で形成されたインターディジタルトランスデューサを有するように構成される。これにより、弾性表面波フィルタの通過特性の角形をより向上させることができる。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 8 記載の前記弾性表面波フィルタは、例えば請求項 9 記載のように、前記電極指周期の 1 5 % 以上から 2 2 . 5 % 以下の電極指幅で形成された前記インターディジタルトランスデューサが、全ての電極指の幅が均一であるように構成されてもよい。

【 0 0 2 0 】

また、請求項 8 記載の前記弾性表面波フィルタは、例えば請求項 1 0 記載のように、前記電極指周期の 1 5 % 以上から 2 2 . 5 % 以下の電極指幅で形成された前記インターディジタルトランスデューサが、電極指の幅が不均一であるように構成されてもよい。

【 0 0 2 1 】

また、請求項 1 から 1 0 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタは、好ましくは請求項 1 1 記載のように、前記直列共振器の少なくとも 1 つのインターディジタルトランスデューサが、電極指非交差部に配置された、弾性表面波の励起に寄与しないダミー電極を有するように構成される。これにより、弾性表面波の導波モードが形成され、励振された弾性表面波をより強く共振子内に閉じ込めることが可能となるため、弾性表面波フィルタの通過特性の角形をより向上させることが可能となる。

【 0 0 2 2 】

また、請求項 1 1 記載の前記弾性表面波フィルタは、好ましくは請求項 1 2 記載のように、前記電極指非交差部が前記インターディジタルトランスデューサの電極指周期の 1 . 5 倍以上から 4 . 5 倍以下の長さであるように構成される。これにより、弾性表面波をより強く共振子内に閉じ込めることが可能となるため、弾性表面波フィルタの通過特性の角形を更に向上させることが可能となる。

【 0 0 2 3 】

また、請求項 1 1 又は 1 2 記載の前記弾性表面波フィルタは、好ましくは請求項 1 3 記載のように、前記ダミー電極が前記インターディジタルトランスデューサの各電極指の先端に対峙するように設けられた構成を有する。これにより、弾性表面波をより強く共振子内に閉じ込めることが可能となるため、弾性表面波フ

フィルタの通過特性の角形を更に向上させることが可能となる。

【 0 0 2 4 】

また、請求項 1 から 1 3 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタは、好ましくは請求項 1 4 記載のように、前記直列共振器が弾性表面波の伝搬方向における前後部に反射器を有するように構成される。これにより、弾性表面波をより強く共振子内に閉じ込めることが可能となるため、弾性表面波フィルタの通過特性の角形を更に向上させることが可能となる。

【 0 0 2 5 】

また、請求項 1 から 1 4 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタは、例えば請求項 1 5 記載のように、前記インターディジタルトランスデューサがシングル電極構造であるように構成してもよい。

【 0 0 2 6 】

また、請求項 1 から 1 5 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタは、好ましくは請求項 1 6 記載のように、前記圧電基板が 42° Y カット LiTaO_3 で形成されている。

【 0 0 2 7 】

また、本発明による弾性表面波分波器は、請求項 1 7 記載のように、低周波側フィルタとして請求項 1 から 1 6 の何れか 1 項に記載の前記弾性表面波フィルタを有する。これにより、上記のような効果を奏する弾性表面波フィルタを用いることで、小型で安価な弾性表面波分波器が実現される。

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

本発明を説明するにあたり、まず、角形の定義について述べる。

【 0 0 2 9 】

本発明では、特に通過域から高周波側阻止域にかけての角形を改善することを目的としている。本発明において、角形とは、図 1 に示すように、本発明では通過域の高周波側 -3 dB 点から -40 dB 点までの周波数差 Δf として定義される。従って、この周波数差 Δf が小さいほど通過域から阻止域までの変化が急峻であり、角形が良いことになる。尚、上記の周波数差 Δf は遷移域ともいう。

【 0 0 3 0 】

以下、本発明の好適な実施形態について図面を用いて詳細に説明する。

【 0 0 3 1 】

〔第 1 の実施形態〕

まず、本発明の第 1 の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。

【 0 0 3 2 】

図 2 は、本実施形態によるラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 の構成を示す上面図である。図 2 に示すように、ラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 は、ラダー構成における直列腕に 4 個の直列共振器（S 1 ～ S 4）を有し、また並列腕に 2 つの並列共振器 P 1，P 2 を有している。

【 0 0 3 3 】

ここで、ラダー型弾性表面波フィルタの直列共振器の定義について説明する。図 2 に示したラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 は直列共振器 S 1 から始まる 4 段構成であり、直列共振器を S、並列共振器を P とすると、その基本回路構成は S - P - P - S - S - P - P - S である。また、この回路構成は図 3 のようになる。従って、図 2 に示すラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 は、図 3 における隣り合う 2 つの並列共振器（P 0 1 及び P 0 2 / P 0 3 及び P 0 4）をそれぞれ 1 つにまとめた構成（並列共振器 P 1 / P 2）となっている。つまり、4 段構成のラダー型弾性表面波フィルタでは、基本的には 4 つの直列共振器が含まれ、入力側から順に S 1，S 2，S 3，S 4 と定義することができる（図 2 参照）。しかしながら、アンテナ分波器用フィルタにおいては、耐電力を向上させるために、1 つの直列共振器を 2 分割することがある。例えば、図 2 のラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 において、全ての直列共振器を 2 分割したときの構成は図 4 のようになる。この構成において、2 つの直列共振器を 1 組として考えて図 4 のように S 1 ～ S 4 までを定義し、各共振器の電極指周期を 2 つの直列共振器の電極指周期の平均値で定義する。さらに、直列共振器を 3 つ以上に分割したときも同様に定義することができる。

【 0 0 3 4 】

また、本実施形態におけるラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 において、それ

ぞれの直列共振器 $S1 \sim S4$ 及び並列共振器 $P1, P2$ は、圧電基板 10 上にシングル電極構造のインターデジタルトランスデューサ (IDT) 11 が形成された構成を有している。また、IDT 11 に関して弾性表面波 (SAW) の進行方向におけるその前後には、格子状の反射電極 12 を有する反射器 $R11, R12$ が設けられている。この反射器 $R11, R12$ は、弾性表面波をより強く共振子 $S1, P1, P2$ 内に閉じ込めたものである。従って、反射器 $R11, R12$ を設けることで、ラダー型弾性表面波フィルタの通過特性の角形を更に向上させることが可能となる。

【0035】

圧電基板 10 には、例えば 42° Y カット X 伝搬 $LiTaO_3$ (以下、 42° Y-X: $LiTaO_3$ という) 基板が適用される。

【0036】

このようなラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 は、全ての直列共振器 $S1 \sim S4$ の静電容量を同一でない構成とした場合、全ての直列共振器 ($S1 \sim S4$) の電極指周期を等しくしたときに角形が最も良くなるとは限らず、少なくとも 1 つの直列共振器 ($S3$) の電極指周期をずらすことで角形性が向上する。尚、全ての直列共振器 $S1 \sim S4$ の静電容量を一致させ、且つ電極指交差幅および対数をほぼ同等とした場合では、全ての直列共振器 $S1 \sim S4$ のインターデジタルトランスデューサの電極指周期を等しくすることで、高周波側の角形性を最も良くすることができる。

【0037】

このことを直列共振器 S と並列共振器 P のアドミタンス特性を用いて説明する。尚、以下の説明において、任意の直列共振器の符号を S とし、任意の並列共振器の符号を P とする。

【0038】

まず、直列共振器 S 及び並列共振器 P のアドミタンス特性と、この直列共振器 S と並列共振器 P とを用いて構成されたラダー型弾性表面波フィルタ (以下、端にラダー型フィルタという) のフィルタ特性 (またはフィルタ通過特性ともいう) との関係を、図 5 に示す 1 段構成のラダー型フィルタ 100 を用いて説明する

。図 5 に示すように、1 段構成のラダー型フィルタ 1 0 0 は、直列腕に 1 つの直列共振器 S を有し、並列腕に 1 つの並列共振器 P を有する。尚、図 5 において、矢印方向は、電流の流れる方向を示す。

【 0 0 3 9 】

また、図 6 に図 5 に示すラダー型フィルタ 1 0 0 におけるアドミタンス特性（アドミタンスの絶対値ともいう）とフィルタ特性（フィルタ挿入損失ともいう）とを示す。図 6 におけるフィルタ特性の肩 K 近傍に着目すると、直列共振器 S に対するアドミタンス特性を示す曲線と並列共振器 P のアドミタンス特性を示す曲線との交点 C の周波数が、フィルタ特性の肩 K（図 6 参照）の周波数と一致する。これは、交点 C より低周波領域において、並列共振器 P よりも直列共振器 S の方がアドミタンスの絶対値がいたためである。即ち、直列共振器 S のアドミタンスの絶対値の方が多い場合、電流の大部分が図 5 中の直列共振器 S の方へ流れる。これに対し、交点 C より高周波領域において、並列共振器 P のアドミタンスの絶対値の方が直列共振器 S のアドミタンスの絶対値よりも大きくなるため、電流の大部分が図 5 中の並列共振器 P の方へ流れる。このため、交点 C よりも高周波側では阻止域となり、フィルタ挿入損失が増加する。尚、交点 C（＝フィルタ特性の肩 K）では直列共振器 S と並列共振器 P とに流れる電流が等しくなり、挿入損失が略 - 3 d B となる。

【 0 0 4 0 】

また、フィルタ特性の減衰極 D の周波数は、直列共振器 S の反共振点 A R s の周波数と重なる。従って、フィルタ特性の角形（遷移域）は、直列共振器 S と並列共振器 P とのアドミタンス特性の交点 C から、直列共振器 S の反共振点 A R s までの周波数差 Δf で決定されることになる。

【 0 0 4 1 】

次に、上述した 1 段構成のラダー型フィルタ 1 0 0 を複数段構成のラダー型フィルタ（これをラダー型フィルタ 2 0 0 とする）に置き換えて考える。一般的な複数段構成のラダー型フィルタ 2 0 0 では、直列共振器 S の静電容量が全て場合、全ての直列共振器 S のアドミタンスが一致するため、個々の直列共振器 S 又は並列共振器 P のアドミタンス特性（アドミタンスの絶対値）は図 6 に示す曲線と

同等となる。

【0042】

これに対し、複数段構成のラダー型フィルタ200において少なくとも何れか1つの直列共振器の静電容量が他と異なる場合（この直列共振器を S_a とする）、直列共振器 S_a のアドミタンス特性は図7のようになる。即ち、直列共振器 S_a の共振点 R_{s_a} 及び反共振点 $A_{R_{s_a}}$ の周波数（共振周波数、反共振周波数）は、全ての静電容量が等しいラダー型フィルタと比較して変化しないが、直列共振器 S/S_a と並列共振器 P とのアドミタンス特性の交点が複数となる。この結果、フィルタ特性の肩 K が複数存在することになるため、肩 K がなまり、結果として角形が劣化してしまう（図7の破線参照）。

【0043】

このような問題を解決するために、本実施形態では、少なくとも何れか1つの直列共振器（これを直列共振器 S_b とする）の共振周波数を、他の直列共振器 S の共振周波数よりも僅かに低く構成する。換言すると、何れか1つの直列共振器 S_b の電極指周期を他の直列共振器 S の電極指周期よりも僅かに大きく構成する。尚、このような構成を有するラダー型フィルタを300とする。このように直列共振器 S_b の共振周波数を低く構成することで、この直列共振器 S_b の反共振周波数が低周波側にシフトする。従って、図8に示すように、反共振周波数に対応したフィルタ特性の減衰極 D が低周波側に新たに発生し、この結果、角形が改善される。尚、この構成により直列共振器 S_b 及び並列共振器 P のアドミタンス特性の交点も新たに発生するが、これによるフィルタ特性の肩 K のなまりよりも、減衰極 D の低周波側へのシフトによる効果の方が大きいため、結果として角形が改善されることになる。

【0044】

以上のような理由により、全ての直列共振器 S の静電容量が一致していない場合、少なくとも1つの直列共振器 S の共振周波数を低く（即ち、電極指周期を大きく）することで、角形を改善することができる。

【0045】

また、高周波側フィルタ（例えば受信用フィルタ）の通過帯域におけるインピ

ーダンスを無限大に近づけるために、複数段構成における最終段の直列共振器（これを S_n とする）の静電容量を小さくした場合でも、上記と同様の理由により、少なくとも何れか 1 つの直列共振器 S_b の共振周波数を小さく（即ち、電極指周期を大きく）構成することで、角形を改善することが可能である。尚、最終段の直列共振器 S_n の静電容量を小さくした構成は、弾性表面波フィルタを用いたアンテナ分波器の低周波側フィルタ（例えば送信用フィルタ）に頻繁に用いられる構成である。

【 0 0 4 6 】

次に、複数段構成のラダー型フィルタ 3 0 0 において、何れの直列共振器（ S_b ）の共振周波数（電極指周期）を変更するかについて述べる。本実施形態では、例えば n 段構成とした場合、初段の直列共振器（これを S_1 とする）ではなく、第 2 段目以降の直列共振器（これを $S_2 \sim S_n$ とする）の共振周波数（電極指周期）を変更する。これは、アンテナ分波器を実現する際に、高い角形に加えて耐電力性を確保しなければならないためである。ここで、ラダー型フィルタの耐電力性は、入力に最も近い S_1 の耐電力性によってほぼ決定される。このため、直列共振器 S_1 の電極指周期を変更した場合、 S_1 で消費される電力が大きく変化してしまい、その結果、アンテナ分波器自体の耐電力が劣化する可能性があるからである。これに対し、2 段目以降の直列共振器（ $S_2 \sim S_n$ ）の共振周波数（電極指周期）変更した場合、 $S_2 \sim S_n$ の消費電力は変化するが、入力から離れているためにそれほど耐電力性を劣化させない。そこで本実施形態では、消費電力が比較的小さい 2 段目以降の直列共振器（ $S_2 \sim S_n$ ）の何れかの電極指周期を変更することで、耐電力性を劣化させることなく、角形だけが向上されるように構成する。

【 0 0 4 7 】

また、本実施形態では、図 8 に示したように、直列共振器 S_b の共振周波数を変更するだけでも、フィルタ特性の角形を改善することが可能である。しかしながら、何れかの直列共振器 S_b の共振周波数を変更した場合、並列共振器 P のアドミタンス特性との交点が複数発生する。そこで、本実施形態では、共振周波数を変更した直列共振器 S_b の静電容量を、他の直列共振器 S の静電容量の平均値

よりも大きく構成する。この際の各直列共振器 S , S_a , S_b 及び並列共振器 P のアドミタンス特性及びフィルタ特性を図 9 に示す。図 9 を参照すると明らかなように、直列共振器 S_b の静電容量を増加させた前と後とで共振周波数及び反共振周波数は変化しないものの、アドミタンス特性の交点は共振周波数を変更する前と同様となっている。即ち、アドミタンス特性の交点の数が見かけ上、減少している。従って、共振周波数を変更した直列共振器 S_b の静電容量を増加させることで、フィルタ特性の肩が持ち上がり（膨らみ）、角形が改善されたことが分かる。

【 0 0 4 8 】

次に、本実施形態によるラダー型フィルタの具体的構成に対して行ったシミュレーション結果を説明する。尚、この際、シミュレーションモデルには図 2 に示す 4 段構成のラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 を使用した。尚、図 2 に示すラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 について更に言及すると、4 つの直列共振器 $S_1 \sim S_4$ のうち、隣接する 2 つの直列共振器 (S_1 及び S_2 / S_3 及び S_4) に対する並列共振器 P_1 , P_2 は、それぞれ 2 つの並列共振器 (P_{01} 及び P_{02} / P_{03} 及び P_{04}) が共通化された構成となっている (図 3 参照)。従って、図 2 に示す構成では、2 つの並列共振器 P_1 , P_2 を有している。このような 4 段構成のラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 はアンテナ分波器として使用し易い構成である。表 1 に、ラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 における各直列共振器 $S_1 \sim S_4$ 及び各並列共振器 P_1 , P_2 の設計パラメータを示す。尚、表 1 に示す設計パラメータでは、直列共振器 S_1 の静電容量及び電極指周期 (初期値) を基準とし、これで他の共振器の値を規格化している。

【表 1】

ラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 の設計パラメータ

	S_1	S_2	S_3	S_4	P_1	P_2
S_1 で規格化した 静電容量	1	1	1	0.75	0.8	0.8
S_1 で規格化した 電極指周期 (初期値)	1	1	1	1	1.02	1.02

【 0 0 4 9 】

表 1 を参照すると明らかなように、ラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 は、4 段構成の最終段に位置する直列共振器 S 4 の静電容量が他の直列共振器 S 1 ～ S 3 の静電容量の平均値よりも小さい構成を有している。

【 0 0 5 0 】

また、表 1 に示す設計パラメータを用い、且つ 4 段構成の 3 段目に位置する直列共振器 S 3 の電極指周期を 0. 3 % 小さく又は大きく（共振周波数を大きく又は小さく）変更した場合のフィルタ特性を図 1 0 に示す。図 1 0 を参照すると明らかなように、直列共振器 S 3 の電極指周期を 0. 3 % 大きくした場合に、ラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 のフィルタ特性における - 3 d B から - 4 0 d B までの遷移域が狭くなっている。即ち、この場合の角形が改善されていることが分かる。これは、上述したように、フィルタ特性の - 3 d B 付近の肩 K が殆ど変化なく、減衰極 D だけが低周波側にシフトしたためである。尚、これとは反対に、直列共振器 S 3 の電極指周期を 0. 3 % 小さくした場合、フィルタ特性の角形は殆ど変化しないことが分かる。

【 0 0 5 1 】

以上のように、4 段構成のラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 における最終段の直列共振器 S 4 の静電容量を他の直列共振器 S 1 ～ S 3 の静電容量の平均値よりも小さくし、且つ、3 段目の直列共振器（S 3）の電極指周期を大きくした構成を有することで、本実施形態では、フィルタ特性の角形がより改善することができる。

【 0 0 5 2 】

また、図 2 に示すようなラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 は、少なくとも 1 つの直列共振器（これを以下 S c とする）の I D T 1 1 を以下の式 1 を満足する構成とすることで、共振器内での伝搬歩行に対して横方向の漏れ損失が減少するために、フィルタ特性の角形をより向上させることができる。尚、式 1 において、W は I D T 1 1 を構成する全ての電極指の幅を合計した合計幅であり、L は I D T 1 1 の S A W 伝搬方向における長さである。

$$W/L \leq 25 (\%) \quad \cdots (\text{式 } 1)$$

【 0 0 5 3 】

換言すると、IDT11における1本の電極指の幅を w とし、電極指周期の1周期を p_i とした場合、1周期 p_i に対する2本の電極指の合計幅の割合（これを以下パターン幅という） w_a が以下の式2を満足するように、直列共振器 S_c を構成することで、ラダー型弾性表面波フィルタ素子1のフィルタ特性をより改善することができる。

$$w_a \leq 25 (\%) \quad (\text{式 2})$$

（但し、 $w_a = 2w / p_i \times 100 (\%)$ ）

【0054】

但し、パターン幅 w_a を15%よりも細くした場合、直列共振器 S_c における電極指抵抗が増大し、挿入損失が増加するため、パターン幅 w_a （若しくは W/L ）は15%以上であることが好ましい。また、上記ではパターン幅 w_a の上限を25%としたが、より好ましくは22.5%とするとよい。このような構成を有する直列共振器 S_c の一例を図12に示す。

【0055】

このように、ある1つの直列共振器 S_c におけるIDT11のパターン幅 w_a が15%以上で25%以下の条件を満たして構成されることで、共振器内での伝搬方向に対して横方向の漏れ損失が小さくなり、結果としてフィルタ特性の角形が改善される。尚、この際、IDT11における全ての電極指が上記の条件（式2参照）を満足するような同一幅で構成されても良いし、全ての電極指の幅の合計値が上記の条件（式1参照）を満たすように構成されても良い。但し、後者の場合、各電極指の幅は不均一である。また、この構成を上述した構成と組み合わせることで、フィルタ特性の角形をより改善することができる。この結果、送信・受信帯域が接近したシステムにおいてもアンテナ分波器を構成することが可能となる。

【0056】

また、実施形態では、少なくとも1つの直列共振器（これを以下 S_d とする）におけるIDT（これを11aとする）の電極指非交差部に、励起に寄与しないダミー電極13を配置することでも高周波側におけるフィルタ特性の角形を向上させることが可能である。これは、ダミー電極13を設けることで、弾性表面波

の導波モードが形成され、励振された弾性表面波をより強く共振子内に閉じ込められるためである。尚、IDT11aにおける電極指非交差部の長さは、電極指周期の1.5倍以上から4.5倍以下とするとよい。更に、各ダミー電極13は、IDT11aにおける各電極指の先端と対峙する位置に設けられるとよい。

【0057】

このような直列共振器Sdの構成を図12に示す。また、このようなダミー電極13を有する直列共振器Sdを上述した構成と組み合わせることで、フィルタ特性を極めて良好な角形とすることができる。この結果、送信・受信帯域が接近したシステムにおいてもアンテナ分波器を構成することが可能となる。また、これを小型で安価に実現することができる。

【0058】

次に、上述したラダー型弾性表面波フィルタ素子1の具体的構成について言及する。図2に示すラダー型弾性表面波フィルタ素子1において、本実施形態では、直列共振器S1, S2, S4の電極指周期を全て $2.12\mu\text{m}$ とし、直列共振器S3の電極指周期のみを $2.13\mu\text{m}$ とする。また、直列共振器S1の静電容量を1としたときの直列共振器S2, S3, S4の相対的な静電容量を、それぞれ1, 1, 0.75とする。尚、並列共振器P1, P2の電極指周期は $2.16\mu\text{m}$ とし、相対的な静電容量は0.8とする。

【0059】

上記の構成を有するラダー型弾性表面波フィルタ素子1のフィルタ特性を図13に示す。尚、比較のために、直列共振器S1～S4の電極指周期を全て $2.12\mu\text{m}$ とした場合のフィルタ特性（従来）も破線により図13中に示す。また、図13において、(b)は(a)における注目すべき領域を拡大した図である。図13(a), (b)を参照すると明らかなように、直列共振器S1～S4におけるある1つの直列共振器(S3)の電極指周期を大きくすることで、通過域の高周波側-3dB点から-40dB点までの周波数差 Δf が小さくなった、即ち、角形が向上したことが分かる。

【0060】

〔第2の実施形態〕

次に、第 1 の実施形態で示したラダー型弾性表面波フィルタ素子 (1) の他の具体的構成例 (ラダー型弾性表面波フィルタ素子 2) について、以下に第 2 の実施形態として図面を用いて詳細に説明する。

【0061】

本実施形態によるラダー型弾性表面波フィルタ素子 2 は、図 2 に示す構成と同様である。また、圧電基板 10 には第 1 の実施形態と同様に、例えば 42° Y カット X 伝搬 LiTaO_3 (以下、 42° Y-X: LiTaO_3 という) 基板が適用される。

【0062】

このような構成において、本実施形態では、直列共振器 S1, S2, S4 の電極指周期を全て $2.12 \mu\text{m}$ とし、直列共振器 S3 の電極指周期のみを変化させた。また、直列共振器 S1 の静電容量を 1 としたときの直列共振器 S2, S3, S4 の相対的な静電容量を、それぞれ 1, 1, 0.75 とする。尚、並列共振器 P1, P2 の電極指周期は $2.16 \mu\text{m}$ とし、相対的な静電容量は 0.8 とする。

【0063】

このような構成を有するラダー型弾性表面波フィルタ素子 2 に関し、直列共振器 S3 の電極指周期の変化率に対するフィルタ特性の高周波側遷移域の周波数幅 (-3 dB 通過帯域端から -40 dB までの周波数幅) の相対的な変化を図 14 に示す。直列共振器 S2 と S4 との電極指周期の平均に対して $0 \sim 1\%$ の範囲で直列共振器 S3 の電極指周期を大きくすることで高周波側の角形が改善されている。また、他の構成は、第 1 の実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【0064】

〔第 3 の実施形態〕

次に、本発明の第 3 の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。本実施形態では、低周波側フィルタ (LPF1a) として第 1 の実施形態に示したラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 を用い、高周波側フィルタ (HPF1b) には縦結合型弾性表面波共振器フィルタを用い、それぞれのフィルタを 1 つのパッケージ

ジに搭載することで、1.9GHz帯のアンテナ分波器1Aを構成した。図15に本実施形態によるアンテナ分波器1Aの構成を示す。

【0065】

このように構成したアンテナ分波器1Aのフィルタ特性を図16に示す。図16を参照すると明らかなように、LPF1aの高周波側の角形が優れているため、送信帯域と受信帯域との周波数間隔が20MHzしかないにも関わらず、本実施形態によるアンテナ分波器1Aは、受信帯域での抑圧度を-40dB以上に確保されている。この結果、本実施形態によれば、上記した第1の実施形態によるラダー型弾性表面波フィルタ素子1を用いて、小型で安価なアンテナ分波器を実現できる。また、他の構成は、第1の実施形態と同様であるため、ここでは説明を省略する。尚、第2の実施形態に関しても、同様に準用できる。

【0066】

〔他の実施形態〕

以上、説明した実施形態は本発明の好適な一実施形態にすぎず、本発明はその趣旨を逸脱しない限り種々変形して実施可能である。

【0067】

【発明の効果】

以上のように、本発明を用いれば、弾性表面波フィルタの通過特性において、高周波側の角形を向上することができる。また、本発明を施した弾性表面波フィルタは、アンテナ分波器の低周波側フィルタとして用いることができ、弾性表面波技術を用いて小型で安価なアンテナ分波器を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

角形の定義を説明するための図である。

【図2】

本発明の第1の実施形態によるラダー型弾性表面波フィルタ素子1の構成を示す上面図である。

【図3】

図2に示すラダー型弾性表面波フィルタ素子1の回路構成を示す図である。

【図 4】

図 2 に示すラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 の他の回路構成を示す図である。

【図 5】

1 段構成のラダー型フィルタ 1 0 0 の構成を模式的に示す図である。

【図 6】

ラダー型フィルタ 1 0 0 におけるアドミタンス特性とフィルタ特性とを示すグラフである。

【図 7】

ラダー型フィルタ 2 0 0 におけるアドミタンス特性とフィルタ特性とを示すグラフである。

【図 8】

ラダー型フィルタ 3 0 0 におけるアドミタンス特性とフィルタ特性とを示すグラフである。

【図 9】

直列共振器 S b の静電容量を増加させた場合のラダー型フィルタ 3 0 0 のアドミタンス特性とフィルタ特性とを示すグラフである。

【図 1 0】

図 2 に示すラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 を表 1 に示す設計パラメータに基づいて作成した場合のアドミタンス特性とフィルタ特性とを示すグラフである。

【図 1 1】

I D T 1 1 の 2 つの電極指の合計幅 $2w$ を電極指周期 p_i の 1 5 % 以上 2 5 % 以下とした場合の直列共振器 S の構成を示す上面図である。

【図 1 2】

I D T 1 1 にダミー電極 1 3 を設けた場合の直列共振器 S d の構成を示す上面図である。

【図 1 3】

図 2 に示すラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 の具体的構成例に関するアドミ

タンス特性とフィルタ特性とを示すグラフである。

【図 1 4】

本発明の第 2 の実施形態においてラダー型弾性表面波フィルタ素子 2 を構成する直列共振器 S 3 の電極指周期の変化率に対するフィルタ特性の高周波側遷移域の周波数幅（- 3 d B 通過帯域端から - 4 0 d B までの周波数幅）の相対的な変化を示すグラフである。

【図 1 5】

本発明の第 3 の実施形態によるアンテナ分波器 1 A の構成を示すブロック図である。

【図 1 6】

図 1 5 に示すアンテナ分波器 1 A を構成する L P F 1 a と H P F 1 b とのフィルタ特性を示すグラフである。

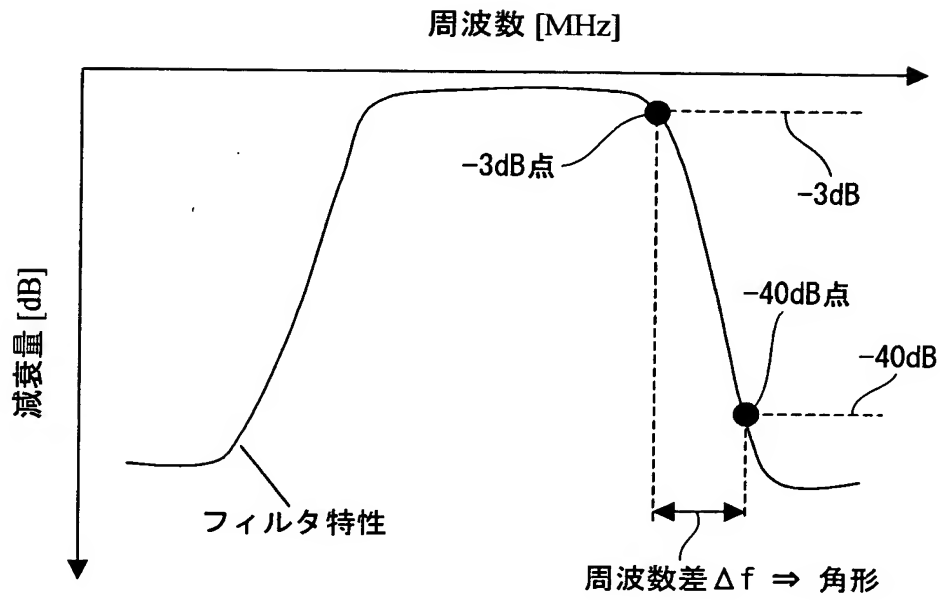
【符号の説明】

- 1 ラダー型弾性表面波フィルタ素子
- 1 A アンテナ分波器
- 1 a L P F
- 1 b H P F
- 1 0 圧電基板
- 1 1、1 1 a I D T
- 1 2 反射電極
- 1 0 0、2 0 0、3 0 0 ラダー型フィルタ
- R 1 1、R 1 2 反射器
- S、S 1 ~ S 4、S a、S b、S c、S d 直列共振器
- P、P 1、P 2、P 0 1 ~ P 0 4 並列共振器

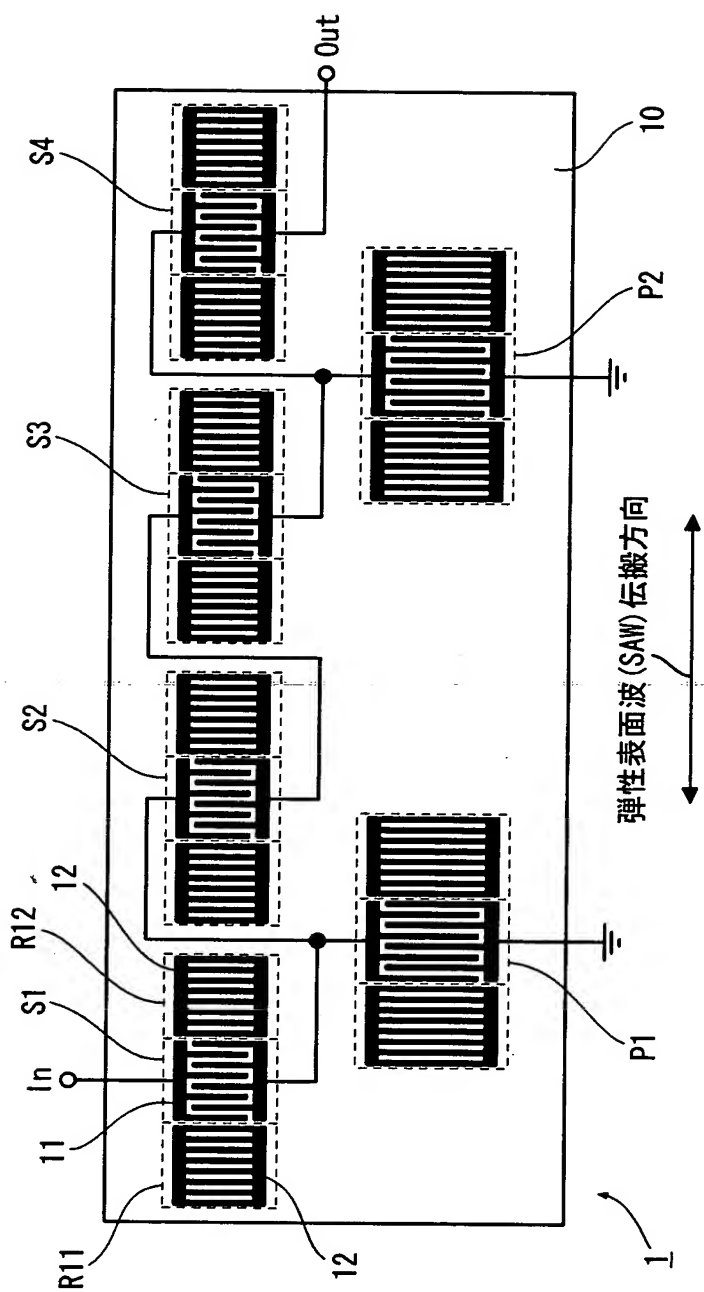
【書類名】

図面

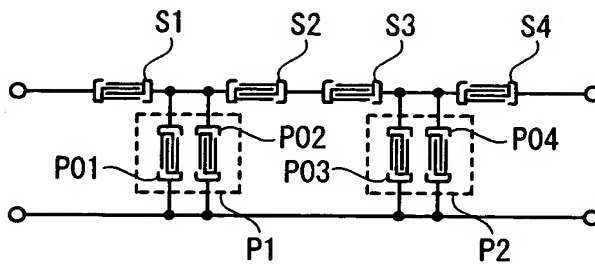
【図 1】



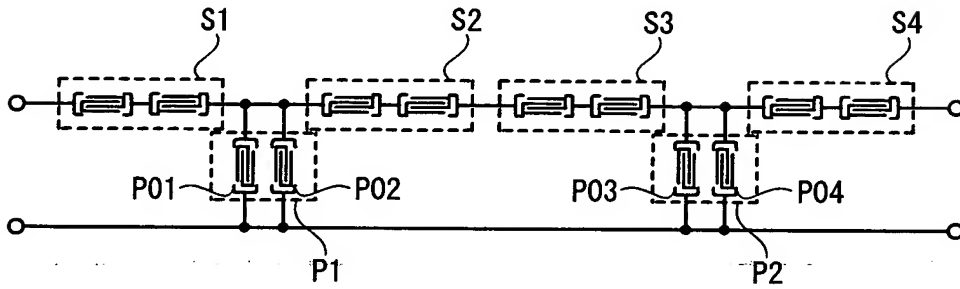
【图 2】



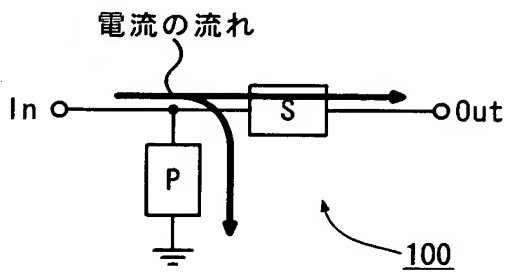
【図 3】



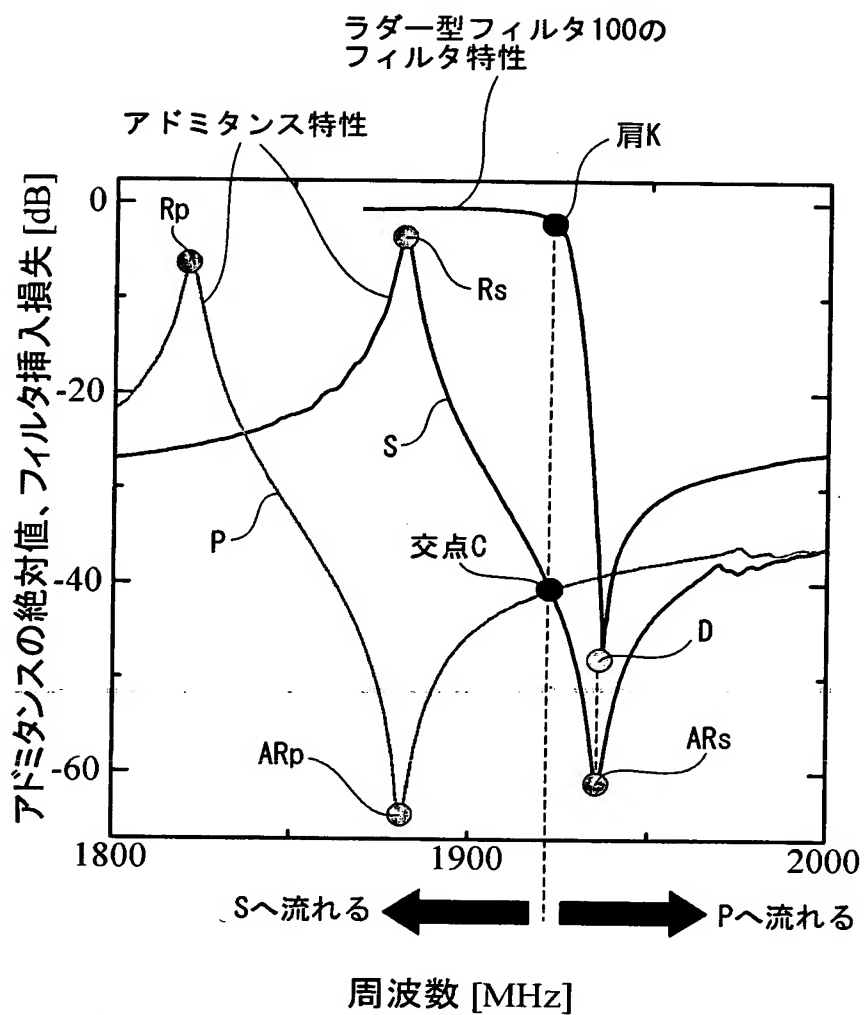
【図 4】



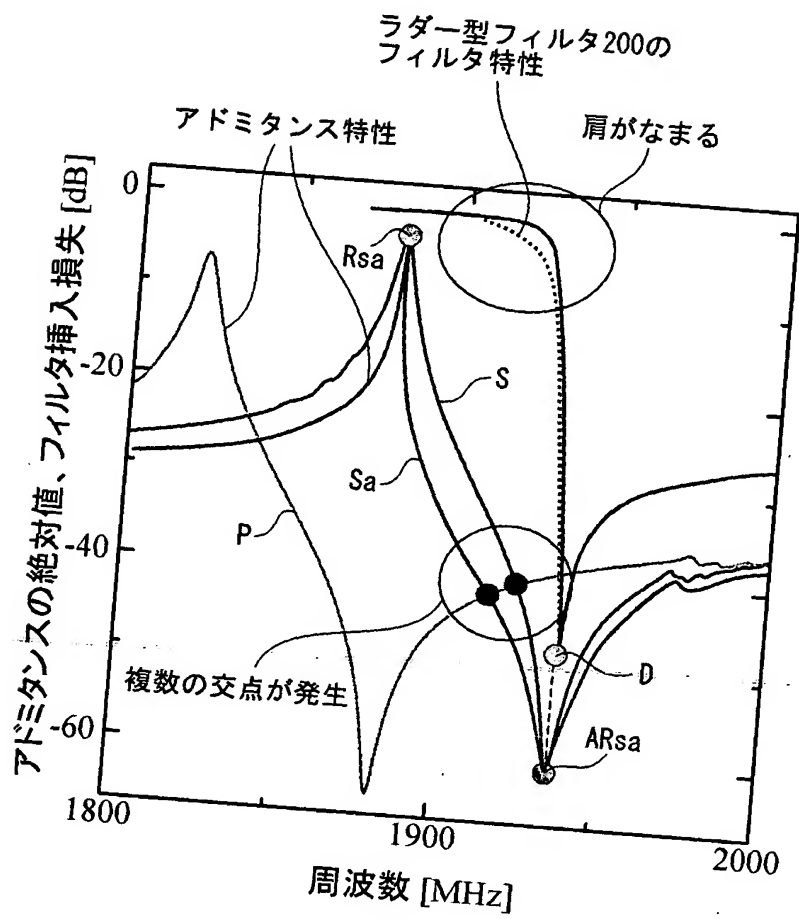
【図 5】



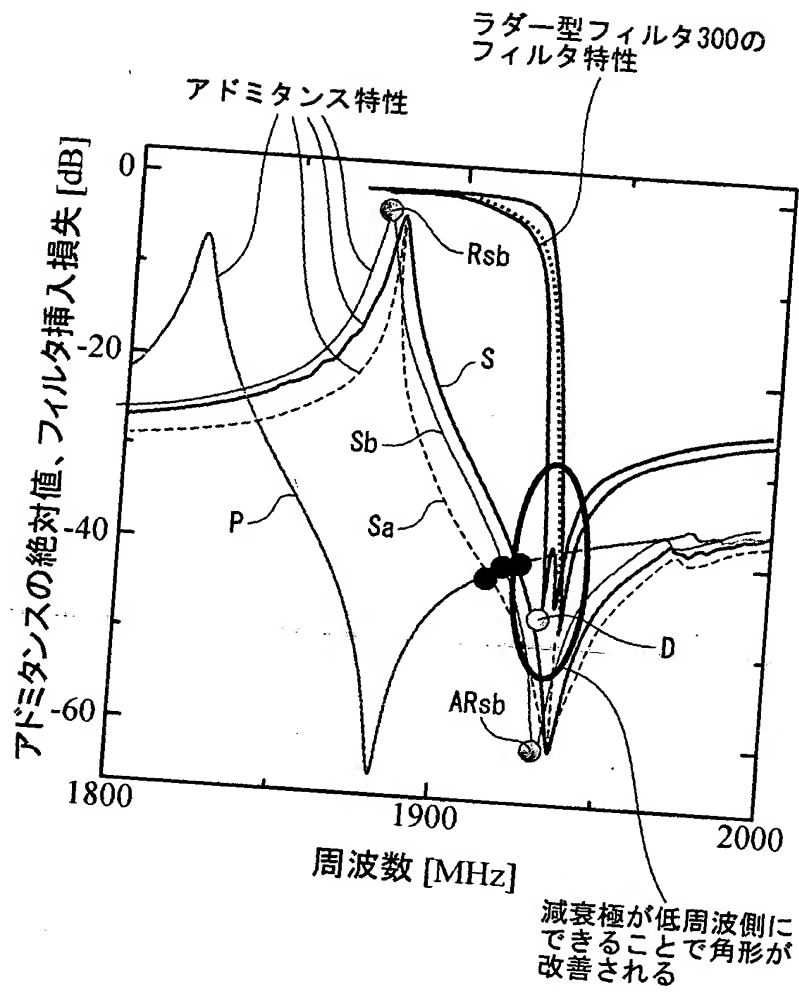
【図 6】



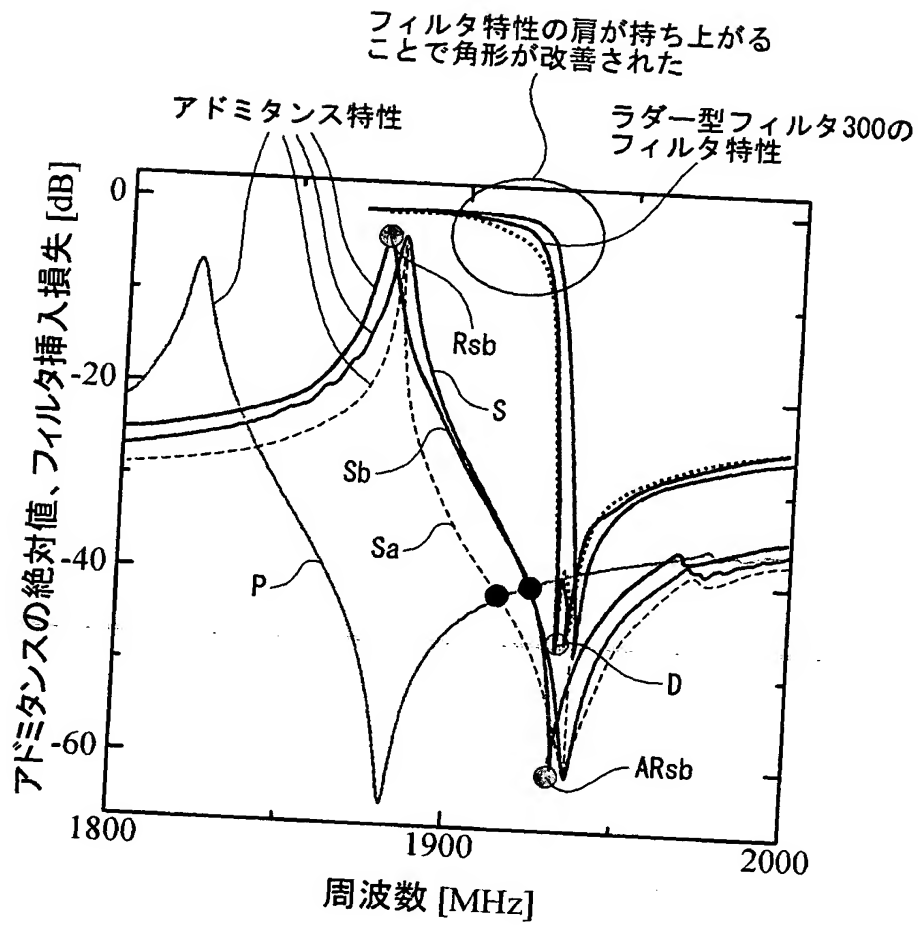
【図 7】



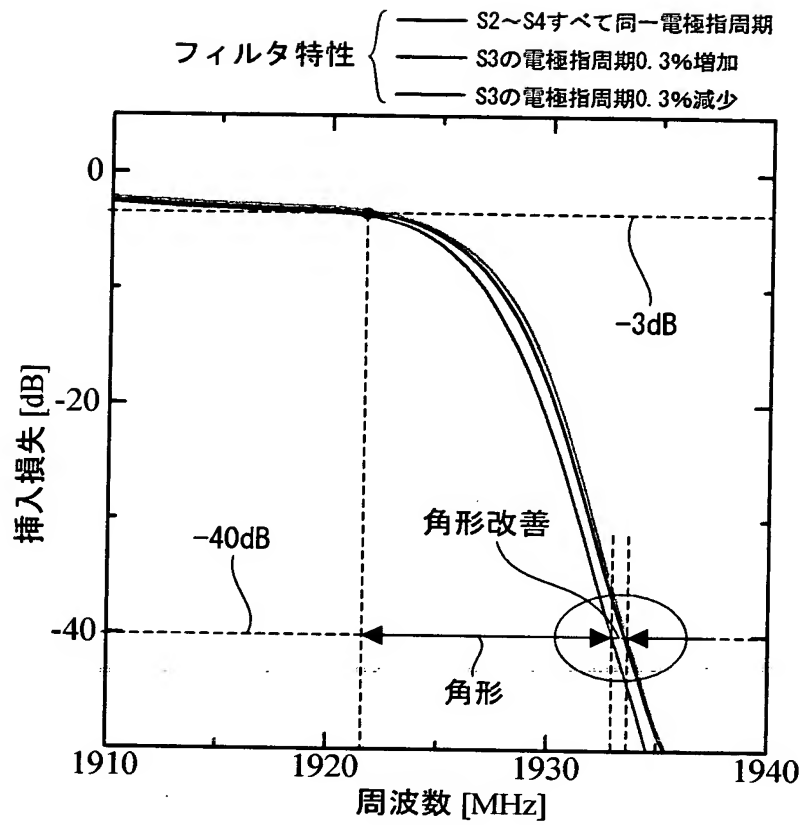
【図8】



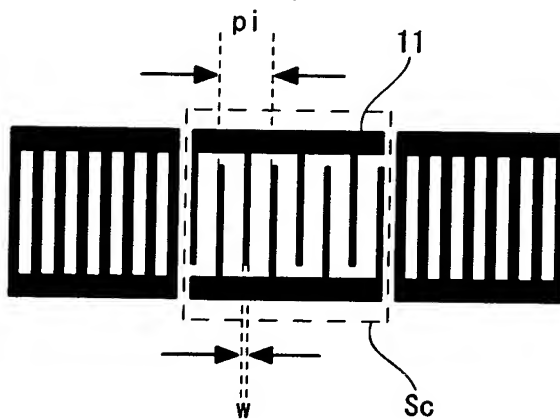
【図9】



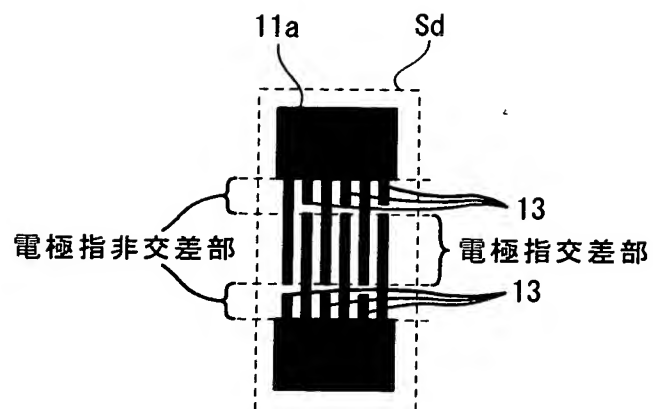
【図 1 0】



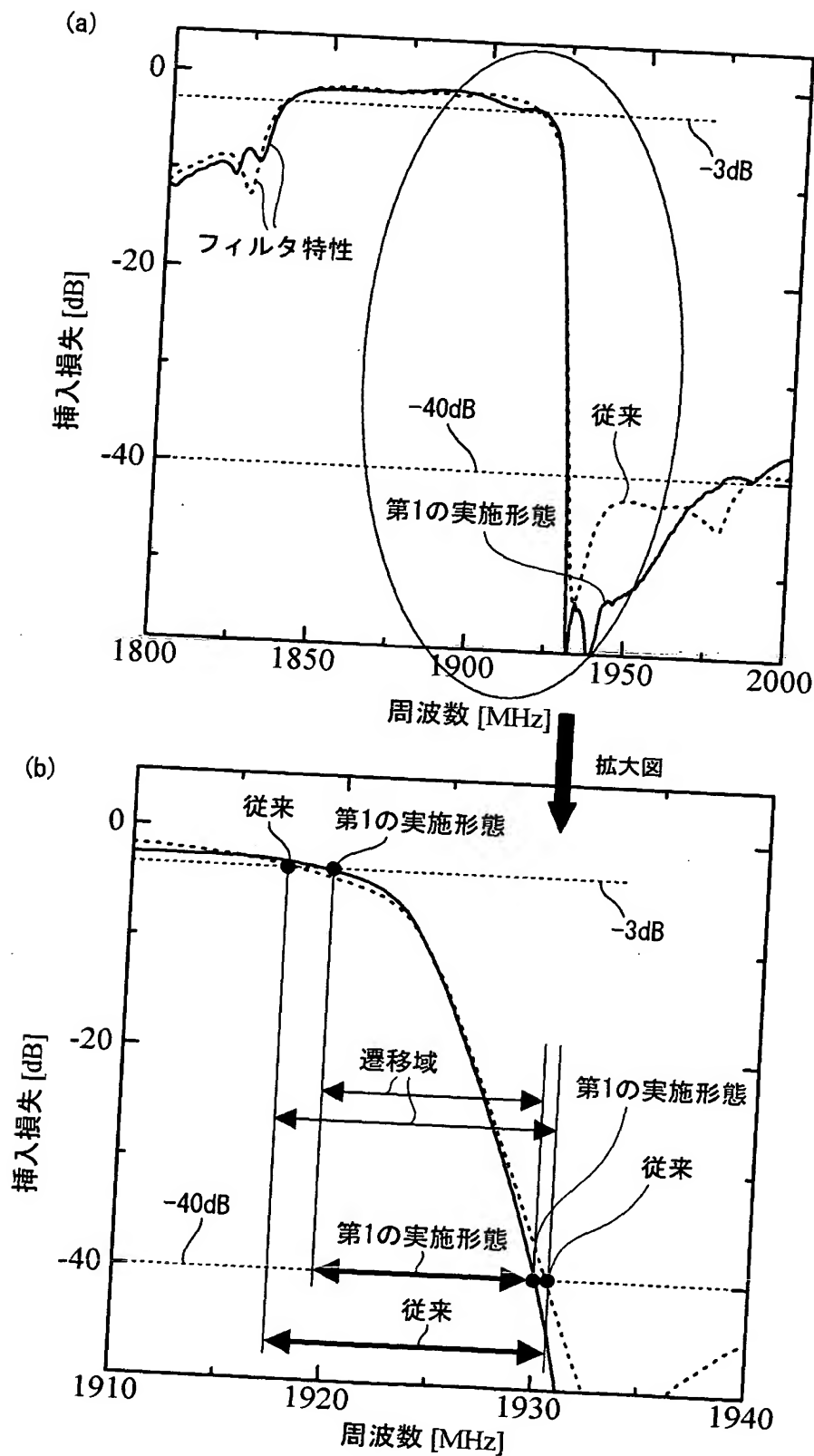
【図 1 1】



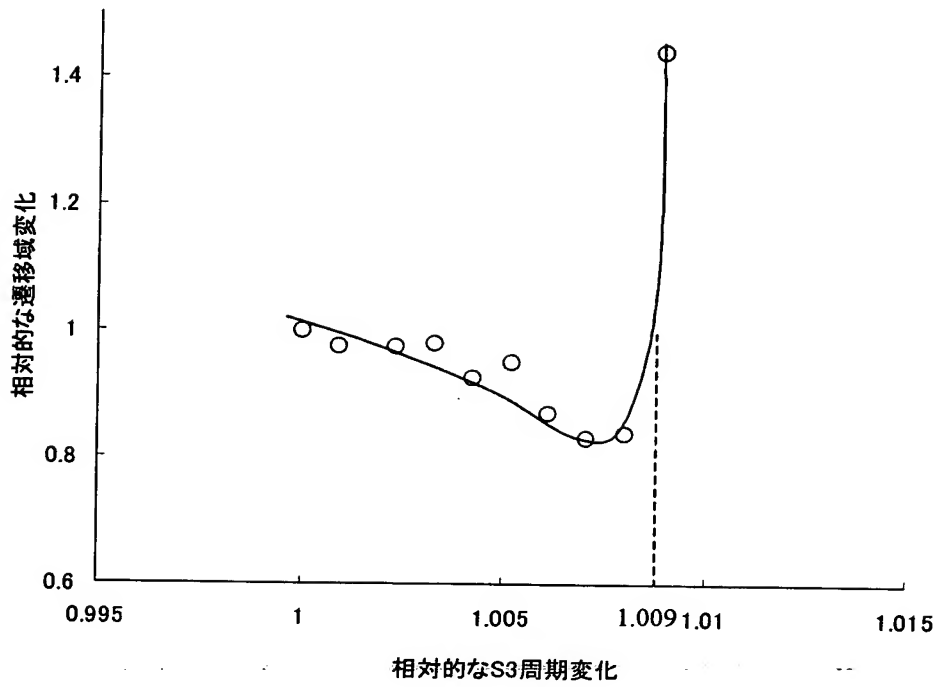
【図 1 2】



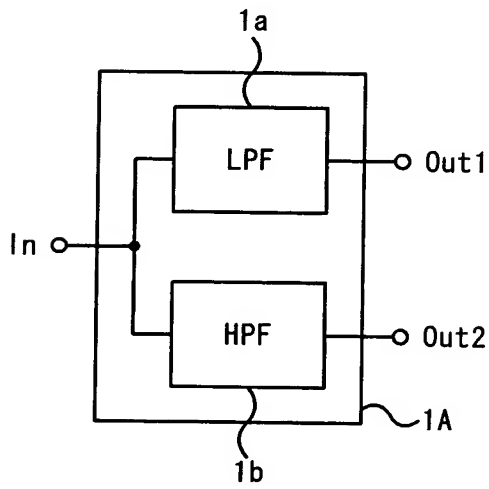
【図13】



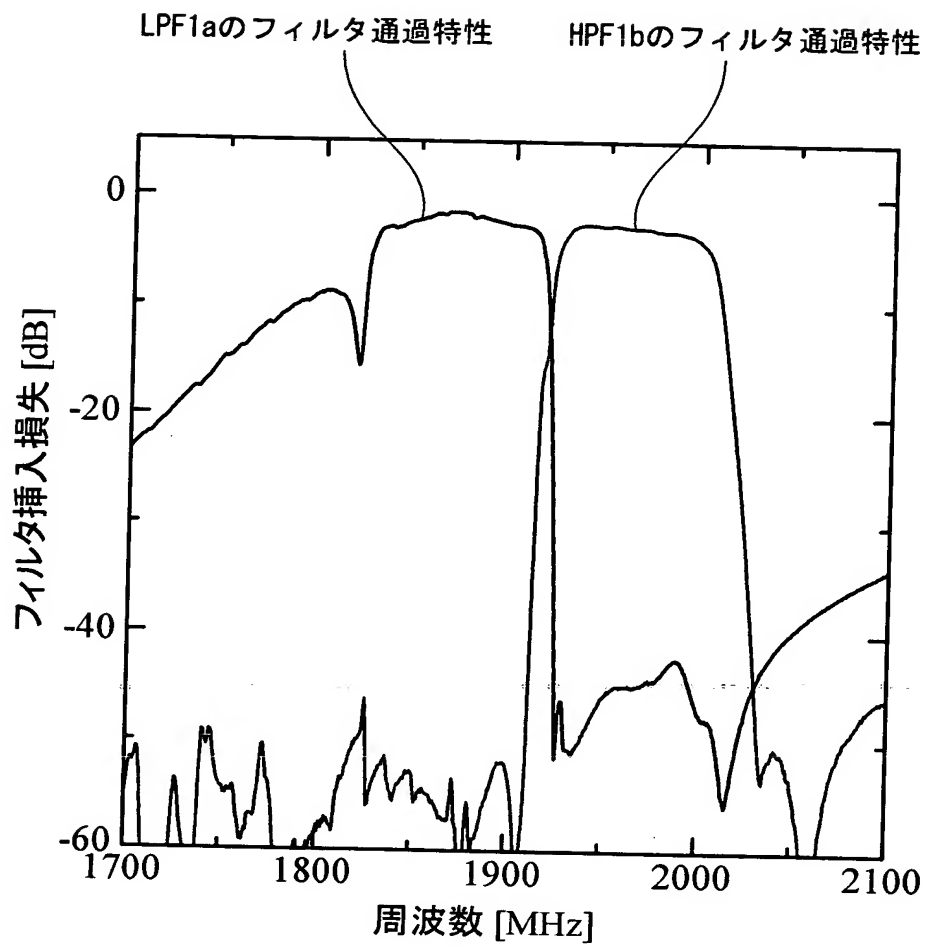
【図14】



【図15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 通過特性の角形性が向上された弾性表面波フィルタを提供する。また、上記の弾性表面波フィルタを用いることで、小型で安価な弾性表面波分波器を提供する。

【解決手段】 圧電基板 1 0 上に形成された I D T 1 1 を有して構成される直列共振器 S 1 ～ S 4 及び並列共振器 P 1 , P 2 が梯子型に接続されたラダー型弾性表面波フィルタ素子 1 において、最終段に位置する直列共振器 S 4 が他の直列共振器 S 1 ～ S 3 よりも小さい静電容量を有する。更に、直列共振器 S 1 ～ S 4 の少なくとも 1 つが、他の直列共振器が有する I D T 1 1 の電極指周期の平均よりも大きい電極指周期の I D T 1 1 を有する。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[398067270]

1. 変更年月日 1998年10月26日
[変更理由] 新規登録
住 所 長野県須坂市大字小山460番地
氏 名 富士通メディアデバイス株式会社
2. 変更年月日 2002年10月28日
[変更理由] 住所変更
住 所 神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目3番地12
氏 名 富士通メディアデバイス株式会社
3. 変更年月日 2002年11月 5日
[変更理由] 住所変更
住 所 神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目3番12号
氏 名 富士通メディアデバイス株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日
[変更理由] 住所変更
住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名 富士通株式会社